

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy – Ústav letecké dopravy

Výběr letounu pro nízkonákladového dopravce s využitím metod
vícekritériálního rozhodování

Choice of Airplane for Low-cost Carrier Using Methods
of Multi-criteria Decision

Student:

Bc. David Klasa

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. David Klasa

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace:

40 Letecká doprava

Téma:

Výběr letounu pro nízkonákladového dopravce s využitím metod
vícekriteriálního rozhodování
Choice of Airplane for Low-cost Carrier Using Methods of Multi-criteria
Decision

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Popis nízkonákladového dopravce
3. Popis vybraných linek
4. Stanovení vhodných variant letounů
5. Vícekriteriální výběr letounu
6. Vyhodnocení výběru
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Žihla, Z. a kol.: Provozování podniků letecké dopravy a letišť. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno. 2010. 301 s. ISBN: 978-80-7204-677-5
Bína, L., Šourek, D., Žihla, Z.: Letecká doprava II. Praha: Vysoká škola obchodní, 2007. ISBN 978-80-86841-07-6
Fotr, J., Švecová, L. a kol.: Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje. Praha: Ekopress. Praha. 2010. 474 s. ISBN: 978-80-86929-59-0.
Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M.: Vícekriteriální rozhodování. Praha: Vysoká škola ekonomická Praha. 1994. 316 s. ISBN: 80-7079-748-7

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 16. 5. 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "David Klouček".

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 16. 5. 2016



.....
podpis studenta

Bc. David Klasa
U Haldy 1616/68
700 30 Ostrava

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KLASA, D. *Výběr letounu pro nízkonákladového dopravce s využitím metod vícekritériálního rozhodování: diplomová práce.* Ostrava: VŠB - Technická Univerzita Ostrava, Fakulta Strojní, Institut dopravy – Ústav letecké dopravy, 2016, 57 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá výběrem letounu pro nízkonákladového dopravce dle požadavků a současných trendů. V práci jsou požadavky dopravců popsány a jsou uvedeny vhodné varianty letounů. Nedílnou součástí je popis metod, které jsou využívány k rozhodovacím procesům a volba nejvhodnějšího z nich pro uvedený případ. Výsledkem práce je zhodnocení výběru a doporučení pro dopravce.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KLASA, D. *Choice of Airplane for Low-cost Carrier Using Methods of Multi-criteria Decision: Master Thesis.* Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport – The Department of Air Transport, 2016, 57 p. Thesis head: doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

This master thesis deals with the choice of the airplane for low-cost carrier according to the requirements and current trends. In the thesis, the requirements are described and also suitable variants of aircrafts are mentioned. Integral part of this thesis is the description of methods which are used for the decision-making process and the choice of the most suitable one for this case. The result of this thesis is the evaluation of the choice and recommendations for the carrier.

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
1 Úvod	9
1.1 Cíl diplomové práce	9
2 Popis nízkonákladového dopravce	10
2.1 Základní znaky	11
2.2 Dopravci v Evropě	11
2.2.1 Ryanair	12
2.2.2 EasyJet	13
3 Popis vybraných linek	15
3.1 Praha – Bergamo	15
3.2 Ostrava – Londýn Stansted	16
3.3 Varšava Modlin – Tenerife	18
4 Stanovení vhodných variant letounů	20
4.1 Airbus	20
4.2 Boeing	22
4.3 Bombardier	24
4.4 Embraer	26
5 Vícekriteriální výběr letounu	28
5.1 Kritéria	28
5.1.1 Neovlivňující kritéria	28
5.1.2 Vyřazující kritéria	29
5.1.3 Hlavní kritéria	30
5.2 Stanovení vah kritérií	33
5.2.1 Metody přímého stanovení vah	33
5.2.2 Metody párového srovnávání významnosti kritérií	35
5.2.3 Metoda postupného rozvrhu vah	37
5.3 Metody vícekriteriálního hodnocení variant	38
5.3.1 Vícekriteriální funkce užítka za jistoty	38
5.3.2 Jednoduché metody stanovení hodnoty variant	40
5.3.3 Metody založené na párovém srovnávání variant	42
5.4 Výběr letounu	44
5.4.1 Praha – Bergamo	44

5.4.2 Ostrava – Londýn Stansted	46
5.4.3 Varšava Modlin – Tenerife	47
6 Vyhodnocení výběru	49
7 Závěr	52
Seznam použité literatury	53
Seznam obrázků	55
Seznam tabulek	56

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický název	Český překlad
ACN	Aircraft Classification Number	Klasifikační číslo letadla
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Mezinárodní organizace pro civilní Letectví
MTOM	Maximum Take-off Mass	Maximální vzletová hmotnost
PCN	Pavement Classification Number	Klasifikační číslo vozovky
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
VIP	Very Important Person	Velmi důležitá osoba

1 Úvod

V posledním desetiletí významně rostou počty přepravených cestujících vzdušnou cestou. Zvyšuje se všeobecný zájem populace o cestování, ať už za obchodem, zábavou, turistikou, nebo odpočinkem. Za nárůstem objemu přepravy cestujících stojí z velké části zvyšující se podíl nízkonákladových dopravců na trhu a jejich politika levných letenek. Díky konkurenčnímu boji se dopravci snaží minimalizovat ceny letenek, někdy až na překvapivě nízké částky, což ale dopravce nutí snížit náklady na provoz a zavést, případně zvýšit poplatky za některé, dříve běžné, služby. Provozní náklady lze snížit na zaměstnancích, letištních poplatcích, ale především na samotném letadle a jeho vhodném výběru.

Právě výběrem vhodného letadla pro nízkonákladovou společnost se zabývá tato práce. Nejprve si podrobněji rozebereme nízkonákladové dopravce, jeho základní znaky a rozdíly mezi běžnými leteckými dopravci. Také se seznámíme s hlavními zástupci této skupiny, se kterými se při cestování můžeme setkat. Dále vybereme několik různých leteckých spojení, pro které budeme výběr letounu realizovat a krátce si je popíšeme. Podobně si zvolíme několik typů letadel, která by náš nízkonákladový dopravce mohl využívat a ze kterých jeden vybereme. Samozřejmostí bude stanovení kritérií, podle kterých se budeme rozhodovat o vhodném letounu z nabídky. Tento krok je velice důležitý a výrazně ovlivní výsledek získaný touto metodou. V této fázi už budeme mít veškeré vstupní údaje a budeme moci provést hlavní náplň této práce, a tou je samotné vícekritériální rozhodnutí o nejvhodnějším typu letounu pro nízkonákladovou společnost. Na konci práce veškerá zjištění a výsledky shrneme a vyhodnotíme. Pak se v klidu můžeme pustit do objednávkového řízení s výrobcem námi zvoleného letadla.

1.1 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je aplikace vícekritériálních metod rozhodování při řešení problému výběru vhodného letounu pro nízkonákladovou leteckou společnost za zvolených podmínek. Výsledkem by mělo být zvolení letounu, který bude svými vlastnostmi nejlépe zajišťovat požadované vlastnosti, především co nejnižší náklady na sedačku, a zároveň uspokojí další kritéria dopravce s ohledem na jeho stávající, ale také plánovanou síť linek.

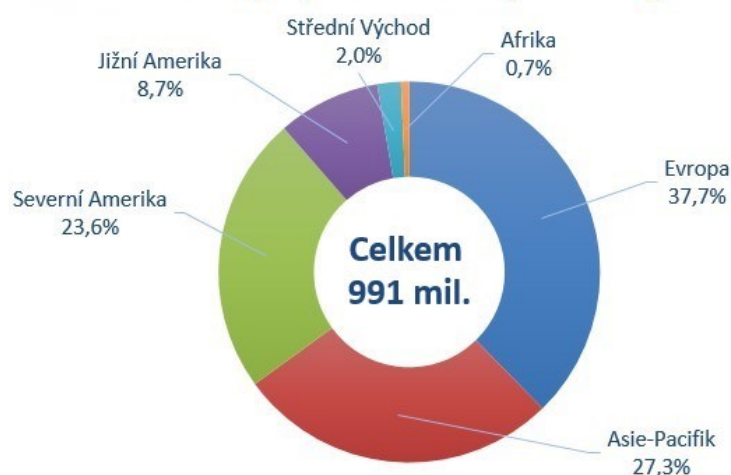
2 Popis nízkonákladového dopravce

Nízkonákladoví dopravci jsou v poslední době velmi populární. Díky jejich nízkým cenám přilákali do letectví velké množství nových zákazníků, kteří by jinak ke své cestě využili jiný dopravní prostředek, nebo by necestovali vůbec. Ve výsledku si tedy může dovolit cestovat letecky téměř každý, a nejen jednou ročně na dovolenou.

Nicméně existuje i negativní dopad tohoto druhu cestování. Dříve mělo letectví pomyslnou laťku služeb docela vysoko a bylo známkou pohodlí a luxusu. Také práce v letectví měla velkou prestiž, zejména práce pilota nebo palubního personálu. Nízkonákladové společnosti ovšem hranici standardu služeb posunuly na minimum. Aby dosáhly na nízké, pro všechny dostupné ceny, musely snížit náklady, což mělo velký dopad na cestující, zaměstnance, ale také letiště a celý letecký průmysl.

Správné a efektivní řízení nákladů je rozhodujícím prvkem pro schopnost leteckého dopravce konkurovat ostatním a přežít na trhu. Nízkonákladoví dopravci radikálně změnili strukturu a obchodní model tradičního leteckého průmyslu. Byl zaveden nový přístup k provozu, použití infrastruktury, distribuce a služeb pro cestující, jehož důsledkem bylo snížení nákladů ve všech těchto kategoriích. Tím se výrazně zvýšila soutěživost v leteckém průmyslu a zajistilo se, že existující hráči na trhu museli buď zlepšit svou nákladovou politiku, anebo čelit riziku neúspěchu. [1]

Nízkonákladově přepravení cestující dle regionů (2014)



Obrázek 2.1: Podíl počtu cestujících přepravených nízkonákladovými společnostmi v jednotlivých regionech [2]

Nízkonákladoví dopravci operují téměř po celém světě. Největší podíl cestujících připadá na Evropu (více než třetina), dále Asijsko-Pacifická oblast a Severní Amerika, méně pak v Jižní Americe. V Africe a oblasti Středního východu jsou počty cestujících přepravených nízkonákladovými dopravci minimální. [2]

2.1 Základní znaky

Neexistuje žádný standardní obchodní model pro nízkonákladové dopravce. Tento pojem zahrnuje širokou škálu leteckých společností, mezi kterými jsou výrazné rozdíly v síti linek i úrovni služeb cestujícím. Každý dopravce má vlastní strategii a musí se rozhodnout, zda se před potencionálními zákazníky bude profilovat jako nízkonákladový, nebo ne. Základními znaky, které většina těchto dopravců alespoň do jisté míry splňuje, jsou:

- Obsluha destinací modelem „point-to-point“.
- Především krátké, případně středně dlouhé lety.
- Využívání především regionálních a sekundárních letišť.
- Zaměření na cenově citlivou klientelu, většinou za účelem soukromých cest.
- Obvykle nabízejí pouze jednu cestovní třídu.
- Žádné, nebo omezené věrnostní programy pro cestující.
- Omezené služby pro cestující, k dispozici za příplatek.
- Nízké hodnoty průměrných cen tarifů, zaměření na cenovou válku.
- Různé ceny tarifů v závislosti na vytíženosti letu a délce období před odletem.
- Výrazný podíl rezervací provedených přes internet.
- Velké využití letadel s krátkými dobami strávenými na letišti.
- Unifikovaná flotila letadel.
- Společnosti jsou ze soukromého sektoru.
- Jednoduchá struktura managementu. [1]

2.2 Dopravci v Evropě

V Evropě je nízkonákladová přeprava cestujících ve srovnání s ostatními kontinenty nejvíce rozvinutá. Je zde přepraveno přibližně 38 % celkového objemu přepravy těchto společností. Působí zde velké množství společností provozovaných přímo v Evropě, avšak své lety nabízejí i společnosti z jiných regionů, například ze Středního východu. Protože je velmi často využívána síť linek metodou point-to-point, někteří dopravci provozují základny

i mimo domovskou zemi a poskytují své služby prakticky po celé Evropě, ale také v přilehlých oblastech.



Obrázek 2.2: Loga některých nízkonákladových dopravců působících v Evropě

2.2.1 Ryanair

Společnost Ryanair byla založena v Irsku v roce 1985 s jedním patnáctimístným vrtulovým letounem, který denně operoval linku z Waterfordu do Londýna Gatwicku. V následujícím roce začali nabízet letenky na lince Dublin - Londýn za méně než polovinu ceny konkurence. Stali se tak vůbec první nízkonákladovou společností v Evropě a získali si tak oblibu cestujících. [3]

Postupem času se vypracovali na největší nízkonákladovou společnost v Evropě, která za poslední rok přepravila 105 milionů cestujících. Denně operují 1800 letů ze 78 základen, a spojují tak 200 destinací ve 31 zemích. Provozují flotilu více než 300 letounů typu Boeing 737-800 se sedačkovou kapacitou 189 míst v jedné třídě, dalších 380 letounů má dopravce objednáno. Ve svém týmu zaměstnávají více než 10 000 zaměstnanců. [4]

Ryanair se profiluje jako tzv. Ultra Lowcost, tzn., že se snaží minimalizovat ceny, ale také úroveň služeb poskytovanou v ceně letenky. Pro síť linek využívá metodu point-to-point, létá převážně na sekundární letiště, která jsou ovšem v některých případech vzdálena od nabízené destinace i několik desítek kilometrů (např. Paris Beauvais – vzdálenost do Paříže 85 km, Barcelona Girona – vzdálenost do Barcelony 92 km, Oslo Rygge – vzdálenost do Osla 60 km).



Obrázek 2.3: Boeing 737-800 společnosti Ryanair [4]

V ceně letenky nejsou zahrnuty žádné dodatečné služby, pouze samotný let z místa A do místa B. Cestující se musí doma sám odbavit a vytisknout si palubní vstupenku, v opačném případě bude na letišti potrestán poplatkem. Pokud by chtěl cestovat s odbaveným zavazadlem, musí si za něj připlatit, stejně jako za výběr oblíbeného místa v letadle nebo přednostní nástup. Změny v rezervaci, například změna jména, času a data odletu jsou opět možné pouze za poplatek. Výše poplatků se liší v závislosti na délce letu a sezoně, při výběru a zaplacení služby na internetu zaplatí zákazník nižší sazbu, než kdyby se rozhodl až před odletem na letišti.

V poslední době mění Ryanair svou strategii a začíná se více orientovat i na obchodní cestující. V jeho síti linek se začínají objevovat i některá hlavní letiště a cestující má možnost rezervovat si let v období obchodní třídy, kde jsou v ceně letenky některé služby za zvýhodněnou cenu. Letadla ovšem nejsou vybavena standardní obchodní třídou, cestující si pouze může vybrat prémiové sedačky v prvních řadách letadla, nebo s větším prostorem na nohy u nouzových východů.

2.2.2 EasyJet

Společnost easyJet byla založena v roce 1995 ve Velké Británii se dvěma Boeingy 737-200. Díky nízkým cenám začala společnost rychle růst. V roce 1998 koupila švýcarskou společnost, která se časem přejmenovala na easyJet Switzerland. Tato společnost operuje

většinu letů ze Švýcarska. V roce 2002 koupila konkurenční nízkonákladovou společnost Go, čímž se stala evropskou jedničkou. [5]

Dnes easyJet patří mezi největší společnosti v Evropě. Přepraví více než 60 milionů cestujících, operuje více než 600 linek do více než 30 zemí. Se švýcarskou pobočkou provozují kolem 250 letounů typu Airbus – A319 s kapacitou 156 cestujících a větší A320, který disponuje 180, nebo 186 sedačkami. Společnost zaměstnává přes 8000 lidí, včetně 2000 pilotů a více než 4500 členů palubního personálu. [5]



Obrázek 2.4: Airbus A320 společnosti easyJet [5]

EasyJet se vydal trochu jinou cestou než jeho rival Ryanair. Více využívá hlavní letiště a je tak oblíbený i u obchodních cestujících. Na rozdíl od většiny nízkonákladových společností umožňuje při jedné rezervaci koupit i více letů najednou, negarantuje ovšem přestup na návaznou linku. Cestující si tedy musí případné odbavené zavazadlo na další let znovu odbavit a za stihnutí návazného letu si zodpovídá sám. Politika poplatků je téměř shodná, jako u konkurenčních dopravců. V ceně letenky nejsou zahrnuty další služby, cestující si za jejich využití musí připlatit.

3 Popis vybraných linek

Pro účely výpočtu vhodnosti jednotlivých letounů byly vybrány 3 trasy mezi několika letišti v regionu Evropy a blízkého okolí. Trasy byly zvoleny s různými vzdálenostmi, aby byla zajištěna použitelnost vybraného letadla pro všechny potřeby společnosti v Evropě. Všechna letiště jsou mezinárodní a je na nich provozován pravidelný provoz nízkonákladové přepravy cestujících.

3.1 Praha – Bergamo

Linka mezi Prahou a italským Bergamem je nejkratší linkou, se kterou budeme počítat. Přímá vzdálenost mezi zvolenými letišti je 598 km. V současnosti je tato linka provozována maďarskou nízkonákladovou společností Wizz Air.



Obrázek 3.1: Mapové schéma trasy Praha – Bergamo [6]

Letiště Václava Havla Praha (IATA: PRG, ICAO: LKPR) je největším letišťem v České republice. V roce 2015 odbavilo 12 milionů cestujících a uskutečnilo se zde 128 000 pohybů. Cestující jsou odbavováni ve dvou terminálech, dále letiště disponuje terminály pro soukromé lety a VIP lety, nákladními terminály a údržbovým centrem. Sídli zde několik pravidelných dopravců i společností nabízející soukromé lety. [7]

Pro vzlety a přistání jsou k dispozici 2 vzletové a přistávací dráhy. Primárně je využívána hlavní dráha 06/24, především ve směru 24. Dráha 12/30 je využívána pouze v případech, kdy z provozních důvodů nelze použít hlavní dráhu a zároveň ji nelze využívat v nočních hodinách s výjimkou nejnutnějších případů a stavů nouze. Toho omezení existuje

z důvodu blízkosti hustě obydlených oblastí v prodloužené ose dráhy. Parametry obou drah jsou uvedeny v tabulce. [7]

Směr	Délka	Šířka	Povrch
06/24	3 715 m	45 m	beton
12/30	3 250 m	45 m	beton

Tabulka 3.1: Vlastnosti vzletových a přistávacích drah LKPR [7]

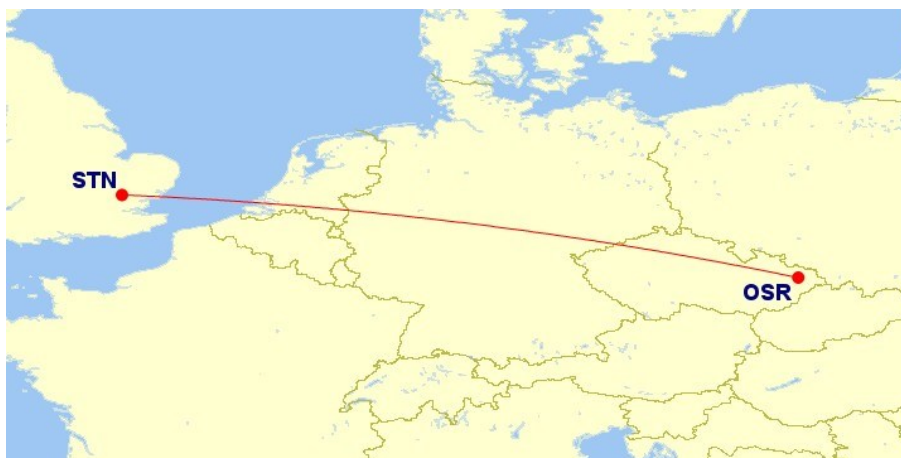
Letiště Bergamo Orio al Serio (IATA: BGY, ICAO: LIME) se nachází v severní části Itálie přibližně 5 km od Bergama a 45 km od Milána. Nízkonákladovými dopravci je často nabízeno jako Milán Bergamo. V roce 2015 odbavilo více než 10 milionů cestujících. Letiště disponuje dvěma vzletovými a přistávacími drahami, přičemž pro běžnou leteckou dopravu je z důvodu délky použitelná pouze jedna. [7]

Směr	Délka	Šířka	Povrch
10/28	2 874 m	45 m	asfalt
12/30	778 m	18 m	asfalt

Tabulka 3.2: Vlastnosti vzletových a přistávacích drah LIME [7]

3.2 Ostrava – Londýn Stansted

Linka mezi Ostravou a letištěm Stansted poblíž Londýna je středně dlouhou linkou, na které budeme testovat výběr letounu. Přímá vzdálenost mezi těmito letišti je 1 280 km. Od června 2013 je tato linka skutečně provozována 3-4x týdně nízkonákladovou společností Ryanair.



Obrázek 3.2: Mapové schéma trasy Ostrava - Londýn Stansted [6]

Letiště Leoše Janáčka Ostrava (IATA: OSR, ICAO: LKMT) je třetím největším letištěm České republiky. Nachází se ve městě Mošnov jižně od Ostravy. V roce 2015 bylo z ostravského letiště přepraveno 308 933 cestujících, což znamená 4 % meziroční nárůst ve srovnání s rokem 2014. [8]

Letiště disponuje terminály pro odbavování cestujících a nákladu, údržbovým centrem, lakovnou letadel a leteckou školou. K dispozici je i nová řídicí věž a stanoviště hasičů. Jako jediné letiště v České republice má napojení na železnici pro osobní dopravu, stanice se nalézá v těsné blízkosti letištního terminálu. [8]

Pro vzlety a přistání je k dispozici jedna vzletová a přistávací dráha, která umožňuje přistání všech typů letadel:

Směr	Délka	Šířka	Povrch
04/22	3 500 m	63 m	beton

Tabulka 3.3: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy LKMT [7]

Letiště Londýn – Stansted (IATA: STN, ICAO: EGSS) je jedním z několika letišť obsluhujících Londýn. Nachází se přibližně 48 km severovýchodně od Londýna poblíž města Bishop's Stortford. Cestující mohou k přepravě do Londýna využít několik autobusových dopravců, ale také rychlejší železniční spojení. [9]

Letiště Stansted odbavilo v roce 2015 přibližně 22,5 milionů cestujících, čímž se řadí na čtvrtou příčku v pořadí největších letišť Spojeného Království. Nachází se zde největší základna nízkonákladové společnosti Ryanair, která odsud nabízí více než stovku destinací. Rovněž je zde odbavováno velké množství nákladu, v roce 2015 přibližně 237 000 tun. [9]

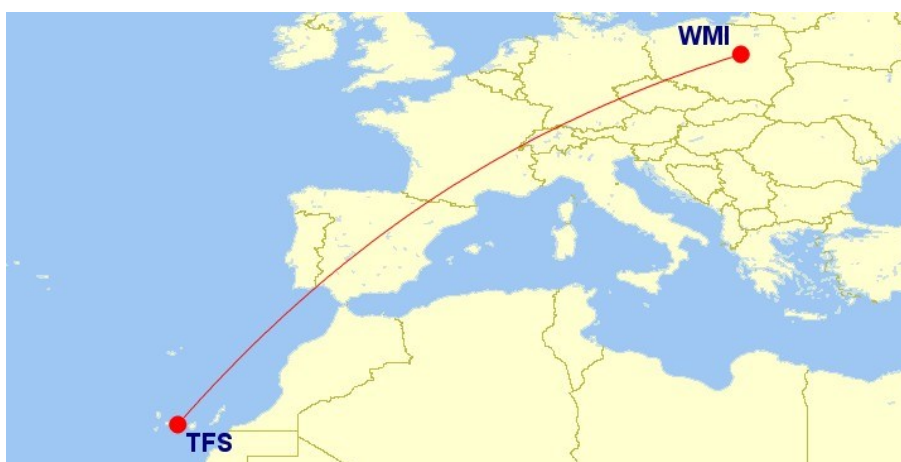
Letištní terminál je tvořen třemi prsty s nástupními východy, k nejbližšímu z nich je k dopravě cestujících využíván automatický dopravní systém ve formě vláčku. Letiště disponuje jednou vzletovou a přistávací dráhou s těmito parametry:

Směr	Délka	Šířka	Povrch
04/22	3 049 m	46 m	Asfalt

Tabulka 3.4: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy EGSS [7]

3.3 Varšava Modlin – Tenerife

Nejdelší uvažovanou linkou bude let z letiště Modlin poblíž Varšavy na ostrov Tenerife na Kanárských ostrovech. Přímá vzdálenost mezi letišti je 4 092 km, což už nemusí zvládnout všechny typy letadel. Nicméně i linky takové vzdálenosti jsou v Evropě obsluhovány nízkonákladovými leteckými společnostmi. Konkrétně mezi těmito letišti létá pravidelně společnost Ryanair, která rovněž operuje obdobně dlouhé lety na další ostrovy, a to Gran Canariu - letiště Las Palmas (LPA) a Fuerteventuru (FUE). Lety na Tenerife jsou z letiště Varšava Modlin v provozu 2x týdně, na zbývající dva ostrovy po jednom týdenním odletu.



Obrázek 3.3: Mapové schéma trasy Varšava Modlin - Tenerife [6]

Letiště Varšava Modlin (IATA: WMI, ICAO: EPMO) je relativně novým letištem v Polsku, přibližně 40 km od hlavního města Varšavy. Původní letiště bylo otevřeno před začátkem druhé světové války a bylo používáno především pro vojenský provoz až do roku 2000. Později bylo přebudováno a v červnu 2012 se z něj stalo civilní letiště, kde zahájily provoz nízkonákladové společnosti Wizz Air a Ryanair. [10]

Na konci roku 2012 bylo letiště z důvodu problému s přistávací dráhou na půl roku uzavřeno pro veškerý provoz. Po půl roce se znovu otevřelo, ale s provozem se na něj vrátila pouze společnost Ryanair, která zde působí se dvěma vnitrostátními linkami a několika mezinárodními, jako jediný provozovatel pravidelné dopravy. [10]

Letiště je vybaveno pouze malým letištním terminálem bez nástupních mostů, cestující jsou k letadlům přepravováni autobusem, nebo pěšky. V roce 2015 prošlo letištem

více než 2,5 milionu cestujících. Pro vzlety a přistání letadel je k dispozici jedna vzletová a přistávací dráha, jejíž parametry jsou uvedeny v následující tabulce. [10]

Směr	Délka	Šířka	Povrch
08/26	2 500 m	45 m	asfalt/beton

Tabulka 3.5: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy EPMO [7]

Letiště Tenerife South Airport (IATA: TFS, ICAO: GCTS) je jedním ze dvou mezinárodních letišť na ostrově Tenerife patřící do souostroví Kanárské ostrovy. Zároveň je druhým největším letištěm na Kanárských ostrovech po letišti Las Palmas na ostrově Gran Canaria. [11]

Letiště bylo otevřeno v roce 1978 z důvodu neschopnosti Severního letiště splnit technické požadavky pro použití za špatných povětrnostních podmínek. Bohužel se nestihlo dokončit včas, aby zabránilo největší letecké katastrofě v historii civilního letectví, která se odehrála v březnu roku 1977 na Severním letišti, v té době nazývaném letiště Los Rodeos. Tehdy se v mlze srazila dvě velkokapacitní letadla typu Boeing 747, což mělo za následek 583 obětí. [11]

Letiště v roce 2014 odbavilo přes 9 milionů cestujících, nejvíce cestujících létá do Velké Británie. Je vybaveno třípatrovým letištním terminálem pro odbavování cestujících. Pro vzlety a přistání slouží jedna vzletová a přistávací dráha:

Směr	Délka	Šířka	Povrch
08/26	3 200 m	45 m	Asfalt

Tabulka 3.6: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy GCTS [7]

4 Stanovení vhodných variant letounů

Vícekritériální výběr letounu bude probíhat z několika variant. Byli zvoleni 4 výrobci letadel, kteří produkují letouny vhodné pro krátké a střední tratě. U těchto výrobců bylo zvoleno několik zástupců, kteří odpovídají současným kapacitním požadavkům. U některých z nich se jedná u různé verze téhož typu letadla, nicméně každý z nich má jinou spotřebu a jiné provozní parametry.

Zvoleni byli tito výrobci letounů:

- Airbus S.A.S.
- Boeing Company
- Bombardier Inc.
- Embraer SA.



Obrázek 4.1: Loga výrobců letadel

4.1 Airbus

Airbus S.A.S. je největší výrobce civilních osobních letounů v Evropě. Patří do skupiny Airbus Group SE spolu s Airbus Helicopters vyrábějící vrtulníky a Airbus Defence and Space, která se zabývá výrobou transportních a taktických letounů pro vojenské využití, avionickými systémy do těchto letounů a bezpilotními letouny. [12]

Společnost Airbus sídlí ve francouzském městě Toulouse. Na výrobě letounů se ale podílí řada dalších zemí, jako je Španělsko, Německo a Velká Británie. Závody finální montáže jsou umístěny v Toulouse ve Francii, v Hamburku v Německu, v Mobile ve státu

Alabama, USA a Tianjinu v Číně. V roce 2015 bylo zákazníkům dodáno celkem 635 letounů typu Airbus. Společnost aktuálně eviduje více než 16 000 dalších objednávek. [12]

Airbus vstoupil na trh přibližně před 40 lety se svým prvním produktem, Airbusem A300, prvním širokotrupým dvoumotorovým letounem. Zanedlouho společnost představila svůj nejúspěšnější produkt – Airbus A320. Tento typ letounu byl ještě upraven do dalších verzí, a to kratších A318 a A319, a delší verze A321. Na konci roku 2007 byl dodán první kus největšího letounu výrobce, Airbusu A380, společnosti Singapore Airlines. Nejnovějším letounem společnosti je Airbus A350XWB, který je vyroben s vysokým podílem uhlíkových vláken. [12]

Do vícekritériálního rozhodování byly vybrány 3 typy letounů společnosti Airbus. Jedná se o Airbus A319, A320 a A321. Všechny patří do souhrnné skupiny označované jako A320 Family (Rodina Airbusu A320), protože jsou odvozeny od základního typu A320 a liší se především délkou trupu a tak i jeho kapacitou.



Obrázek 4.2: Letouny Airbus - A319 (vlevo dole), A320 (nahore), A321 (vpravo dole) [12]

	A319-100	A320-200	A321-200
Délka	33,84 m	37,57 m	44,51 m
Rozpětí křídel	35,8 m	35,8 m	35,8 m
Výška	11,76 m	11,76 m	11,76 m
Počet cestujících	156	180	236
MTOM	75 500 kg	78 000 kg	93 500 kg
Potřebná délka RWY pro vzlet	2 164 m	2 090 m	2 560 m
Dolet	6 850 km	6 100 km	5 950 km
Rychlost	0,78 M	0,78 M	0,78 M
Spotřeba paliva [13]	4,34 l/km	5,26 l/km	5,26 l/km
Cena	89,6 mil USD	98,0 mil USD	114,9 mil USD

Tabulka 4.1: Údaje o letounech typu Airbus [12]

Tento typ je jedním z nejpoužívanějších typů letadel ve světě vůbec. Jedná se o úzkotrupý letoun s jednou uličkou vhodný pro krátké a středně dlouhé lety. Byl postupně vylepšován, například tzv. Sharklety, což je druh wingletů, tedy zařízení na koncích křídel, jehož účelem je snižování odporu a tedy i spotřeby paliva za letu. Sharklety (na Obrázku 4.1 dole) jsou vybavovány téměř všechny nově dodané letouny. V roce 2010 začal vývoj vylepšené verze Airbus A320neo. Přípona "neo" má z angličtiny význam "nová alternativa motorů" (New Engine Option). Kromě nových motorů jsou všechny Airbasy neo vybaveny Sharklety a dalšími vylepšeními. Letounů rodiny A320 je provozováno více než 6 500 a Airbus eviduje přibližně 12 500 dalších objednávek na členy této rodiny. [12]

4.2 Boeing

Společnost Boeing je významný výrobce dopravních letadel na Americkém kontinentu se zákazníky ve více než 150 zemích. Je jedním z největších výrobců dopravních letounů, obranných, vesmírných a bezpečnostních systémů na světě. Vedení společnosti je umístěno v Chicagu, společnost zaměstnává více než 160 000 lidí po celém světě. [14]

Společnost Boeing byla založena v roce 1916 v Seattlu Williamem Boeingem. Prvním vyrobeným produktem byl jednomotorový dvouplošník, který byl uzpůsoben pro vzlety a přistání na vodní hladině. V roce 1925 byl představen jednomotorový letoun pro přepravu pošty a v roce 1928 třímotorový letoun, který kromě pošty přepravoval i cestující. V roce 1958 byl dodán první proudový letoun pro přepravu cestujících v USA - Boeing 707.

Těchto letounů s kapacitou 189 cestujících bylo vyrobeno více než 1000. Na tento úspěch navázal třímotorový Boeing 727, v roce 1967 nejúspěšnější Boeing 737 a o rok později dálkový Boeing 747. V roce 1994 Boeing představil další velice úspěšný model - Boeing 777, dvumotorový letoun s dlouhým doletem. Nejnovějším produktem je Boeing 787 Dreamliner, který je z velké části vyroben z uhlíkových vláken a patří mezi nejmodernější letouny současnosti. [14]

Aktuálně vyráběnými produkty oddělení dopravních letounů jsou 737, 747, 767, 777 a 787, včetně právě vyvíjené prodloužené verze Boeing 787-10 Dreamliner, modernizované verze 737 MAX a 777X. V provozu je ve světě více než 10 000 letounů, což tvoří téměř polovinu celosvětové flotily. [14]

Nejlépe prodávaným produktem je Boeing 737, který je v různých verzích v provozu už více než 45 let. Za tuto dobu prošel mnoha obměnami a modernizacemi. Verze se rozděluje na několik základních skupin:

- 737 Original (verze -100 a -200)
- 737 Classic (verze -300, -400 a -500; vyráběny v letech 1984-2000, dodáno kolem 2000 kusů)
- 737 Next Generation (verze -600, -700, -800, -900 a -900ER, současná verze)
- 737 MAX (verze -7, -8, -9, ve vývoji, očekávané uvedení v roce 2017)

Do výběru letounu byly vybrány v současnosti vyráběné verze, a to verze -700, -800 a -900ER. Všechny 3 verze jsou si velmi podobné, hlavním rozdílem je délka trupu a tedy i kapacita letounu. Důsledkem je ale i vyšší hmotnost letadla a také jeho cena.



Obrázek 4.3: Letouny Boeing 737-800 (vlevo) a -900ER (vpravo) [14]

Boeing 737 Next Generation (737NG) je jedním z nejpoužívanějších typů letadel na světě. Za celou historii jich bylo dodáno necelých 7000, pokud ovšem přičteme i počet Business verzí, přes tuto hodnotu se přehoupneme. Dále Boeing eviduje přibližně 1300

objednávek na další kusy. Část objednávek ovšem přebírá „konkurenční“ modernizovaná verze Boeing 737 MAX, již si objednalo několik desítek zákazníků v celkovém počtu přesahujícím 3000 letounů. Dlouhá historie Boeingu 737 tak nekončí a bude se držet na trhu ještě několik dalších dekád. [14]

	B737-700	B737-800	B737-900ER
Délka	33,6 m	39,5 m	42,1 m
Rozpětí křídel	35,8 m	35,8 m	35,8 m
Výška	12,5 m	12,5 m	12,5 m
Počet cestujících	149	189	220
MTOM	70 080 kg	79 010 kg	85 130 kg
Potřebná délka RWY pro vzlet	1 675 m	2 230 m	2 675 m
Dolet	6 255 km	5 675 km	5 175 km
Rychlost	0,78 M	0,78 M	0,78 M
Spotřeba paliva [13]	3,03 l/km	5,26 l/km	5,88 l/km
Cena	80,6 mil USD	96,0 mil USD	101,9 mil USD

Tabulka 4.2: Údaje o letounech typu Boeing [14]

4.3 Bombardier

Bombardier Inc. je kanadská společnost zabývající se výrobou dopravních prostředků. Je rozdělena na dvě divize – Aerospace, vyrábějící letouny, a Transportation, která se zabývá výrobou kolejových vozidel a jejich součástí. Sídlo společnosti se nalézá v kanadském Montrealu. Výrobky, ať se jedná o letouny nebo kolejová vozidla, lze najít po celém světě. [15]

Společnost byla založena v roce 1942 a prvním produktem byl sněžný pásový automobil. Na podobná vozidla se společnost zaměřovala až do roku 1970, kdy převzala rakouskou společnost vyrábějící tramvaje. Tento okamžik se stal základem železničního obchodu. V roce 1986 koupil Bombardier kanadskou společnost vyrábějící letadla, Canadair, o tři roky později představili model CRJ (Canadair Regional Jet), čímž ovládl i vzduch. Později se k nim přidaly i další společnosti a Bombardier začal vyrábět i malá soukromá proudová letadla a turbovrtulová letadla označována jako Q Series. [15]

Aktuálně vyráběnými modely jsou regionální turbovrtulový letoun Q400 (dodáno přes 500 kusů) a regionální proudová letadla CRJ (CRJ700, CRJ900 a CRJ1000) pro

70 – 100 cestujících. Novinkou jsou letouny C Series, což jsou dvoumotorová úzkotrupá letadla středního doletu. Existuje ve dvou verzích – CS100 a větší CS300. Obě verze jsou momentálně ve fázi testování, nicméně své první testovací lety už mají úspěšně za sebou. Prozatím nejsou v ostrém provozu u leteckých provozovatelů, ale je na ně evidováno přibližně 250 objednávek. [15]



Obrázek 4.4: Letouny Bombardier CS100 a CS300 [15]

Oba zmíněné letouny CS100 a CS300 byly vybrány jako kandidáti pro nízkonákladovou společnost, přestože zatím nebyly dodány žádným zákazníkům.

	CS100	CS300
Délka	23,7 m	38,7 m
Rozpětí křídel	35,1 m	35,1 m
Výška	11,5 m	11,5 m
Počet cestujících	133	160
MTOM	60 781 kg	67 585 kg
Potřebná délka RWY pro vzlet	1 463 m	1 890 m
Dolet	5 741 km	6 112 km
Rychlost	0,78 M	0,78 M
Spotřeba paliva [13]	2,94 l/km	2,94 l/km
Cena	58,3 mil USD	66,6 mil USD

Tabulka 4.3: Údaje o letounech typu Bombardier [15]

4.4 Embraer

Embraer je společností se sídlem v brazilském São José dos Campos. Zabývá se především výrobou civilních regionálních a soukromých letounů, vojenských letadel, ale i letadel pro zemědělské využití. Na trhu bojuje s kanadským rivalem Bombardierem o třetí příčku v žebříčku největších výrobců letadel po společnostech Airbus a Boeing. [16]

Společnost byla založena v roce 1969 a začala vyrábět vrtulový dvoumotorový letoun Embraer EMB 110 Bandeirante. Později, v roce 1985, představila další úspěšný letoun Embraer EMB 120 Brasília. V roce 1997 Embraer představil rodinu Embraer Regional Jets (ERJ), složenou z letounů ERJ 135, ERJ 140 a ERJ 145. Byly to malé proudové letouny se sedačkovou kapacitou 37 – 50 cestujících. Velkým úspěchem byla rodina letounů E-Jets, jejímiž členy jsou čtyři letadla E170, E175, E190 a E195 s kapacitami v rozmezí 80 – 122 cestujících. Tyto letouny jsou stále v produkci a eviduje se celkem přes 1400 objednávek. Tři největší představitele očekává modernizace, která je označována jako E-Jet E2 Family. Prozatím Embraer na modernizované verze eviduje přes 300 objednávek, první dodávky zákazníkům se očekávají v roce 2018. [16]



Obrázek 4.5: Letoun Embraer E195LR [16]

Jako kandidát pro vícekritériální rozhodování byl vybrán největší zástupce současně vyráběné rodiny E-Jets s prodlouženým doletem E195LR. Podrobnější údaje o letounu jsou uvedeny v tabulce níže.

	E195LR
Délka	38,65 m
Rozpětí křídel	28,72 m
Výška	10,55 m
Počet cestujících	124
MTOM	50 790 kg
Potřebná délka RWY pro vzlet	1 992 m
Dolet	3 704 km
Rychlost	0,78 M
Spotřeba paliva [13]	4,54 l/km
Cena	52,0 mil USD

Tabulka 4.4: Údaje o letounu Embraer E195LR [16]

5 Vícekriteriální výběr letounu

5.1 Kritéria

U vybraných letounů nyní zvolíme kritéria, podle kterých budeme letadla hodnotit a vybírat vhodné kandidáty pro jednotlivé linky. Kritéria vycházející s tabulek uvedených u každého typu letounu jsem rozdělil do několika skupin. Některá z nich pro naše rozhodování nebudou vůbec důležitá, některá pouze vyřadí některé kandidáty a hlavní skupina, kterou se budeme dále zabývat, poslouží k vícekriteriálnímu rozhodování.

5.1.1 Neovlivňující kritéria

Do první skupiny kritérií, která nebudou mít na výběr letounu pro nízkonákladovou společnost v našich podmínkách vůbec žádný vliv, jsou zařazeny rozměry letounů (délka, rozpětí křídel a výška) a cestovní rychlost letu.

Z rozměrových vlastností je důležité především rozpětí křídel, protože některá letiště mohou mít omezení dané maximálním rozpětím křídel, například pro některé části pojezdového systému a letištních stání. Tato omezení se ale obvykle týkají pouze velkokapacitních letounů určených především pro dlouhé tratě. Těmi se ale tato práce nezabývá. Všechny letouny, které byly vybrány jako kandidáti, patří do kategorie spíše menších letounů, pro které je uzpůsobena většina letišť v Evropě a okolí. Na všech příkladových letištích jsou tyto typy běžně provozovány. Budeme tedy předpokládat, že uvedené letouny lze použít na všech letištích v daném regionu, kam by eventuálně chtěla nízkonákladová společnost lety provozovat.

Ze stejného důvodu neuvažujeme ani další fyzikální vlastnosti letadla jako omezující prvky pro použití letadla na letišti. Příkladem může být hmotnost letadla a jeho klasifikační číslo (ACN) vzhledem ke klasifikačnímu číslu ploch letiště (PCN), případně vybavenost letiště vhodnou technikou k odbavení letadla. Opět uvažujeme s běžným provozem daných typů letadel na většině letišť a splnění těchto podmínek.

Druhým kritériem, které náš výběr nebude ovlivňovat je rychlost letu. Všechny vybrané letouny totiž mají stejnou cestovní rychlost a v tomto ohledu mezi nimi nevzniká žádný rozdíl. Podobnou rychlost mají téměř všechna proudová letadla, ať se jedná o tuto kategorii, nebo velkokapacitní letouny pro dlouhé tratě. Nižší cestovní rychlosti dosahují

například menší vrtulová letadla, která jsou vhodná především pro regionální dopravu. Taková se ovšem mezi našimi kandidáty nevyskytují.

5.1.2 Vyřazující kritéria

Druhou skupinou kritérií jsou kritéria vyřazující některé typy letounu pro použití na některých letištích a tratích. Jedná se o dolet letadla a délku vzletové dráhy potřebnou pro vzlet. Pokud by si nízkonákladová společnost zvolila takový typ letadla, který by byl takto částečně omezen, nemohla by využívat všechna letiště v oblasti, nebo by nemohla létat všechny délky tratí.

Obě tato omezení ovšem vycházejí ze základních verzí modelů. Dolet je definován pro maximální hmotnost letadla, tedy MTOM při vzletu. Společnost ovšem může s povolením výrobce letoun modifikovat, aby byl dolet větší a letoun tak dokázal obsloužit i vzdálenější destinace. Příkladem modifikace může být například snížení hmotnosti letadla, omezení maximální užitečné hmotnosti nákladu, nebo instalace přídatných palivových nádrží.

Potřebná délka dráhy pro vzlet letounu je dalším důležitým omezujícím prvkem. Většina evropských letišť s pravidelným provozem je schopna běžné letouny krátkého a středního doletu přijmout. Potřebná délka pro vzlet ovšem výrazně závisí i na vnějších podmínkách, jako je směr a síla větru, sklon dráhy, nadmořská výška letiště a především na výkonnostních charakteristikách daného letounu a jeho hmotnosti. Potřebná délka je ještě legislativou upravena o bezpečnostní rezervu. Hmotnost letounu je jediný parametr, který zde můžeme ovlivnit. Hmotnost lze snížit například omezením maximálního užitečného nákladu v letadle. Tím dokážeme s letadlem vzlétnout z kratší dráhy i při dodržení všech bezpečnostních standardů. Občas se ovšem mohou vyskytnout výjimky, které některým letounům stačit nemusí. Jedná se zejména o větší letouny z nabídky, a to Boeing 737-900ER a Airbus A321.

Obě kritéria lze ovlivnit a částečně eliminovat snížením maximálního užitečného nákladu (v angličtině se používá termín Payload). Užitečný náklad se skládá ze všech prvků, které nám platí za přepravu a společnost z nich získává tržbu. Jedná se o cestující, jejich zavazadla, náklad a poštu. Cestujících lze na palubách očekávat více z důvodu plně ekonomické třídy a tedy vyšší kapacity letadla, a nižších a dynamicky určených cen letenek tak, aby byla většina kapacity letadla vždy vyprodána. Zavazadel ale bývá

odbavováno spíše méně, protože cestující jsou nuceni za odbavené zavazadlo zaplatit a spíše si s sebou berou pouze menší příruční. Ta jsou sice někdy zabavována a uložena do zavazadlových prostor, nicméně mají nižší hmotnost. Náklad a poštu nízkonákladové společnosti obvykle nepřepřavují vůbec. Celková hmotnost užitečného nákladu může být teoreticky nižší a lze z výše popsaných omezení stanovit její sníženou maximální hodnotu.

5.1.3 Hlavní kritéria

Třetí skupinou kritérií jsou hlavní kritéria, podle kterých se budeme rozhodovat o vhodném letounu. Jedná se o sedačkovou kapacitu letadla, maximální hmotnost letounu, spotřebu paliva a pořizovací cenu letounu.

Sedačková kapacita letadla bude jedním z hlavních kritérií pro výběr letounu. Čím více míst bude v letadle, tím nižší budou náklady na sedačku a tím nižší ceny může dopravce nabízet za letenky. Z tohoto důvodu budeme uvažovat pouze s maximálními povolenými sedačkovými kapacitami letadel. Na některé linky je ovšem vhodné využívat spíše menší typy letadel s menší sedačkovou kapacitou, ale s větší frekvencí letů (několikrát denně). Tento případ se ale týká především linek zaměřených na obchodní cestující, kterými se v této práci nebudeme zabývat. V případě potřeby může dopravce využívat kombinaci několika typů letounů s různými kapacitami letadel. Pokud by se jednalo o letouny jednoho výrobce (v našem případě Airbus, Boeing, nebo Bombardier), nevznikaly by žádné významné provozní náklady s užíváním více typů ve flotile, protože letové posádky by nepotřebovaly žádná náročná přeškolení a požadavky na údržbu a jejich personál by byly rovněž velmi podobné.

Dalším kritériem je maximální vzletová hmotnost (MTOM) letadla. Jak už jsme zmiňovali, hmotnost letounu má vliv na potřebnou délku dráhy pro vzlet a dolet letadla. Maximální hmotnost letadla má ovšem ještě jeden význam, a to ekonomický. Podle MTOM se totiž vypočítává několik poplatků, které musí společnost platit subjektům, jejichž služby využívá. Jsou to například přistávací poplatky, poplatky za parkování letadla na letišti, nebo přeletové poplatky za průlet vzdušným prostorem.

Velice důležitá pro provoz je spotřeba paliva, která zaujímá asi nejvyšší podíl na nákladech spojených s provozem. Údaje použité v této práci byly pro všechny letouny vzaty ze stejného zdroje, aby byla zajištěna porovnatelnost mezi nimi, a jsou uvedeny ve stejných jednotkách, tedy v litrech na uletěný kilometr. Nicméně lze očekávat, že větší letouny budou

mít přirozené vyšší spotřebu paliva a budou tak znevýhodněny oproti menším soupeřům s nižší sedačkovou kapacitou. Proto je vhodné zvolit jako kritérium spotřebu paliva na jednu sedačku. Je ale nutné připomenout, že záleží i na strategii dopravce a konkrétní trati. Na některé tratě může být z hlediska spotřeby paliva vhodný jeden z kandidátů s vyšší sedačkovou kapacitou, ale o let nemusí mít zájem dostatečný počet cestujících, případně cestující mohou požadovat spíš více denních frekvencí letů a tak velká kapacita nebude potřebná. Zde budeme považovat vyšší kapacitu za výhodnější.

	Spotřeba/km	Kapacita	Spotřeba/km/sedačku
A319-100	4,34 l	156	0,0278 l
A320-200	5,26 l	180	0,0292 l
A321-200	5,26 l	236	0,0223 l
B737-700	3,03 l	149	0,0203 l
B737-800	5,26 l	189	0,0278 l
B737-900ER	5,88 l	220	0,0267 l
CS100	2,94 l	133	0,0221 l
CS300	2,94 l	160	0,0184 l
E195LR	4,54 l	124	0,0366 l

Tabulka 5.1: Tabulka přepočtu spotřeby paliva na sedačku

Požizovací cena letounu hraje velkou roli při koupi letounu. Patří mezi největší investice, které letecká společnost musí vynaložit, aby mohla fungovat a rozvíjet se. Jako kritérium byla zvolena katalogová cena daných letounů. V praxi se ale cena může lišit, protože výrobci letadel často poskytují nemalé množstevní slevy při větších objednávkách, které u větších nízkonákladových společností rozhodně nejsou výjimkou.

Letecké společnosti si může letoun koupit do svého vlastnictví, nebo formou leasingu. Přímý nákup letounu do vlastnictví společnosti je velkou finanční zátěží a vyžaduje dostatečný kapitál. Z tohoto důvodu není tento způsob nákupu u menších společností příliš obvyklý a zejména u nízkonákladových leteckých společností je více využívanou možností leasing.

Leasing letadel může být dvojitý – finanční a operativní. U finančního leasingu je majitelem letounu leasingová společnost, ale po splacení letounu přechází vlastnictví na provozovatele. Na již vlastněný majetek lze využít i tzv. zpětný finanční leasing, kdy

leasingová společnost od provozovatele-majitele majetek odkoupí a následně mu jej pronajme formou finančního leasingu. Po splacení se provozovatel opět stává majitelem letounu. V případě operativního leasingu je majitelem opět leasingová společnost, ale provozovatel si letadlo pouze pronajímá a nikdy se nestane jeho vlastníkem. Výhodou této smlouvy může být její kratší doba trvání a pro provozovatele tak nevzniká příliš dlouhý závazek, takže může lépe a flexibilněji reagovat na případné změny na trhu. Operativní leasing lze i prodloužit.

Pro nízkonákladové společnosti může být možnost operativního leasingu lepší, neboť je finančně výhodnější a společnost může po skončení smlouvy letoun vrátit a pořídit si nový. Tímto přístupem si společnosti mohou udržovat trvale nízký věkový průměr flotily a mohou se vyhnout i vysokým nákladům na větší technické revize, které jsou legislativně nařízeny po odlétání určitého počtu letových hodin, cyklů, nebo při určitém stáří letounu.

Mezi největší společnosti nabízející leasing letadel patří AerCap, GE Capital Aviation Services (GECAS), nebo SMBC Aviation Capital. Největší z nich je irsko-americká společnost GECAS, která vlastní více než 2000 letounů a pronajímá je více než 270 zákazníkům po celém světě. Irská AerCap pronajímá přes 1200 letounů 200 zákazníkům v přibližně 80 zemích světa.

Kritéria vstupující do rozhodovacího procesu jsou uvedena a shrnuta v následující tabulce:

	Kapacita	MTOM	Spotřeba/km/sedačku	Cena
A319-100	156	75 500 kg	0,0278 l	89,6 mil USD
A320-200	180	78 000 kg	0,0292 l	98,0 mil USD
A321-200	236	93 500 kg	0,0223 l	114,9 mil USD
B737-700	149	70 080 kg	0,0203 l	80,6 mil USD
B737-800	189	79 010 kg	0,0278 l	96,0 mil USD
B737-900ER	220	85 130 kg	0,0267 l	101,9 mil USD
CS100	133	50 790 kg	0,0221 l	52,0 mil USD
CS300	160	60 781 kg	0,0184 l	58,3 mil USD
E195LR	124	67 585 kg	0,0366 l	66,6 mil USD

Tabulka 5.2: Shrnutí kritérií pro výběr letounu

5.2 Stanovení vah kritérií

Většina metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje nejprve stanovit váhy jednotlivých kritérií hodnocení. Váhy kritérií jsou číselně vyjádřeným odrazem jejich významnosti, resp. důležitosti sledovaných cílů firmy, které jsou transformovány právě do jednotlivých kritérií. Čím je kritérium významnější (resp. přesněji, čím za významnější je rozhodovatel považuje), tím je jeho váha vyšší. A naopak, méně významným kritériím je přisouzena nižší váha. [17]

Pro dosažení srovnatelnosti vah souboru kritérií, které mohou být stanoveny různými metodami, se tyto váhy zpravidla normují tak, aby jejich součet byl roven jedné. [17]

V teorii rozhodování se postupně vytvořil větší počet metod stanovení vah kritérií, které se liší především svojí složitostí, která je odrazem různého algoritmického základu jednotlivých metod. Tento aspekt se odráží ve dvou rovinách, a to ve srozumitelnosti pro uživatele a v náročnosti na typ informací, které jsou nezbytné pro stanovení vah od rozhodovatele získat. [17]

Mezi základní typy metod patří:

- metody přímého stanovení vah,
- metody založené na párovém srovnávání významnosti kritérií a
- metoda postupného rozvrhu vah. [17]

5.2.1 Metody přímého stanovení vah

Při metodách přímého stanovení vah jednotlivých kritérií dochází k posuzování jejich významnosti přímo. Do této kategorie lze zařadit tři metody:

- Bodová stupnice
- Alokace 100 bodů
- Metoda preferenčního pořadí

Postup stanovení vah kritérií první metody spočívá v přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice každému kritériu, a to v souladu s tím, jak posuzovatel hodnotí význam každého kritéria. Volba stupnice závisí na diferenci významnosti jednotlivých kritérií a je vhodné zamyslet se před jejím stanovením nad vztahem nejvíce a nejméně významného kritéria, neboť ta budou určovat její rozpětí. [17]

Příkladem stupnice s nižší rozlišovací schopností může být pětibodová stupnice, s vyšší rozlišovací schopností devítibodová stupnice. Čím považuje rozhodovatel kritérium za významnější, tím vyšší počet bodů mu přiřadí. Přidělené body každému kritériu je nutné normovat. Nejprve sečteme body přidělené ke všem kritériím, a poté pro každé kritérium vydělíme přidělené body tímto součtem. Získáme tak normované váhy, jejichž součet je roven jedné. [17]

Na podobném principu funguje i druhá metoda – alokace 100 bodů. Rozhodovatel má k dispozici 100 bodů a jeho úkolem je rozdělit těchto 100 bodů mezi jednotlivá kritéria v souladu s jejich významností. Váha kritéria je pak určena počtem přidělených bodů, přičemž hodnotitel musí v průběhu hodnocení dbát na to, aby přesně vyčerpal 100 bodů, které má k dispozici. To je určitým způsobem obtížnější než u bodové stupnice, a to zejména při větším počtu kritérií. Váhy je opět nutné normovat vydělením každé přidělené váhy číslem 100, což je, jak vyplývá z principu této metody, součtem všech přidělených vah. [17]

Porovnání významu kritérií pomocí jejich preferenčního pořadí lze rozložit do tří kroků – stanovení pořadí významnosti kritérií, určení vah kritérií a normování vah. [17]

Pořadí významnosti kritérií lze stanovit dvěma způsoby – přímým, nebo etapovým uspořádáním. Při přímém upořádání určuje rozhodovatel přímo pořadí významnosti kritérií od nejvýznamnějšího (první místo v pořadí) až k nejméně významnému (poslední v pořadí). I když je přímé uspořádání stanovení preferenčního pořadí principiálně velmi jednoduché, je jeho využití v případě rozsáhlejšího souboru kritérií pro hodnotitele značně náročné, protože musí při stanovení pořadí kritérií současně posuzovat význam všech kritérií z daného souboru. Tuto náročnost značně snižuje etapové uspořádání. Rozhodovatel pořadí určuje v několika etapách, kdy v každé z nich určí nejvíce a nejméně významné kritérium. Před další etapou se tato kritéria vypustí a rozhodovatel vybírá pouze ze zbývajících kritérií. [17]

Dalším krokem je určení vah kritérií. Nejméně významnému kritériu se určí váha 1 a rozhodovatel určuje, kolikrát je předposlední kritérium preferenčního pořadí významnější než kritérium poslední. Stejný postup se opakuje i s ostatními kritérii. Výsledkem jsou nenormované váhy, které převedeme na váhy normované. Spočítáme součet přidělených bodů, hodnocení každého kritéria tímto součtem vydělíme a získáme normované váhy. Součet normovaných vah všech kritérií je roven jedné. [17]

5.2.2 Metody párového srovnávání významnosti kritérií

Pro metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnávání je charakteristické zjišťování preferenčních vztahů dvojic kritérií. Dále budou popsány dvě metody této kategorie:

- Metoda párového srovnávání
- Saatyho metoda [17]

V nejjednodušší modifikaci metody párového srovnávání se pro každé kritérium zjišťuje počet jeho preferencí vzhledem ke všem ostatním kritériím souboru. Kritéria jsou nanesena do řádků i sloupců tabulky a hodnotitel u každé dvojice kritérií určuje, zda preferuje kritérium uvedené v řádku před kritériem uvedeným ve sloupci. Jestliže ano, do příslušného políčka zapíše jedničku, v opačném případě nulu. Stačí vyplnit pouze pravou horní část tabulky nad diagonálou. [17]

Pro každé kritérium se nyní stanoví počet preferencí, který je roven počtu jedniček v řádku daného kritéria a součtu nul ve sloupci tohoto kritéria. Na základě počtu preferencí se vypočítají normované váhy tak, že se počet preferencí přiřazených každému kritériu vydělí celkovým součtem přidělených preferencí (Váha 1). Pokud u některého z kritérií vyjde počet preferencí nulový, bude nulová i jeho váha. Proto se v tomto případě někdy používá jiný vztah a počet preferencí je u každého kritéria navýšen o jednu. Díky tomu je navýšen i součet preferencí, kterým se dělí navýšené počty preferencí každého kritéria (Váha 2). Součet normovaných vah všech kritérií nám dává jedničku. [17]

Kritérium	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Počet preferencí	Váha 1	Váha 2
K ₁		0	0	1	0	1	0,1	0,13
K ₂			1	1	0	3	0,3	0,27
K ₃				1	0	2	0,2	0,20
K ₄					0	0	0,0	0,07
K ₅						4	0,4	0,33

Tabulka 5.3: Příklad metody párového srovnávání

Tato metoda je jednoduchá a v praxi hojně využívaná, avšak má i několik nevýhod. Jednou z nich, ač není na první pohled patrná, je skutečnost, že výsledné váhy kritérií pro různé soubory se stejnými počty kritérií jsou vždy totožné. Další nevýhodou je skutečnost, že při určování preferencí nelze zahrnout i odlišnou míru významnosti jednoho kritéria před

druhým. Přesto nám ale tato metoda ve výsledku dá spolehlivější výsledky než metody předchozí. [17]

Saatyho metoda pro stanovení vah kritérií omezení metody párového srovnávání odstraňuje. Skládá se ze dvou kroků – zjištění preferenčního pořadí pro každou dvojici kritérií a následné stanovení vah kritérií. [17]

První krok je analogický metodě párového srovnávání, kdy se opět zjišťují preferenční vztahy dvojic kritérií. Rozdílem je ale také velikost této preference, která se určuje počtem bodů ze zvolené bodové stupnice. [17]

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná.
3	První kritérium je slabě významnější než druhé.
5	První kritérium je dosti významnější než druhé.
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé.
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé.

Tabulka 5.4: Bodová stupnice doporučená dle Saatyho [17]

Preferenční body zapisujeme podobně jako u předchozí metody do tabulky nad diagonálu. Pokud je kritérium v řádku významnější než kritérium ve sloupci, uvedeme do příslušného políčka číselně vyjádřenou velikost preference (např. K_1 je 7x významnější než K_4). Pokud je ale významnější kritérium ve sloupci, uvedeme do příslušného políčka převrácenou hodnotu počtu bodů (např. K_1 je 3x méně významné než K_2).

Nyní doplníme zbytek tabulky. Na diagonálu vepíšeme hodnoty 1 a pod diagonálu opačné hodnoty k hodnotám na diagonále. V každém řádku spočteme geometrický průměr (např. pro K_1 je geometrický průměr roven $\sqrt[5]{1 \cdot 1/3 \cdot 1/5 \cdot 7 \cdot 5} = 1,18$). Geometrické průměry všech kritérií se sečtou a průměry se pro každé kritérium tímto součtem vydělí. Výsledkem je normovaná váha, součet normovaných vah pro všechna kritéria je roven jedné.

Kritérium	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Geometrický průměr	Váha
K ₁	1	1/3	1/5	7	5	1,18	0,140
K ₂	3	1	1/7	9	7	1,93	0,229
K ₃	5	7	1	9	7	4,66	0,553
K ₄	1/7	1/9	1/9	1	1/5	0,20	0,024
K ₅	1/5	1/7	1/7	5	1	0,46	0,054

Tabulka 5.5: Příklad Saatyho metody stanovení vah kritérií

5.2.3 Metoda postupného rozvrhu vah

Metoda postupného rozvrhu vah se používá pro případy, kdy je soubor kritérií příliš rozsáhlý. V takových případech by bylo pro rozhodovatele velmi obtížné určovat váhy podle výše uvedených metod. [17]

V této metodě se nejprve kritéria rozdělí do dílčích skupin podle příbuznosti jejich věcné náplně. Nejprve se určí váhy jednotlivých skupin pomocí některé z výše uvedených metod. Váhy skupin musí být normované, aby byl jejich součet roven jedné. Dále se analogicky některou z dříve uvedených metod určí váhy kritérií uvnitř každé skupiny zvlášť. Váhy musí být opět normované, aby byl součet vah v každé ze skupin roven jedné. Výsledné váhy kritérií se pak stanoví pronásobením váhy kritéria uvnitř skupiny vahou této skupiny. Protože byly váhy skupin a uvnitř skupiny normované, budou automaticky normované i výsledné váhy kritérií, součet těchto vah je tedy roven jedné. [17]

Metoda postupného rozvrhu vah je výhodná, protože snižuje náročnost na rozhodovatele, který pouze určuje váhy skupin a věcně blízkých kritérií, není nucen posuzovat významnost obsahově odlišných kritérií. Další výhodou je, že pokud bude několik kritérií stejné povahy a jedno kritérium jiné povahy, nebude samostatné kritérium potlačeno na úkor větší skupiny, protože samostatné kritérium převeze významnost skupin, do které patří. [17]

Pro určení vah kritérií, které využiji k výběru letounu pro nízkonákladového dopravce, jsem zvolil Saatyho metodu stanovení vah kritérií. Saatyho metoda je vhodná, protože umožňuje nejen určit preferované kritérium ve dvojici, ale dokáže přiřadit i míru důležitosti kritéria. Počet kritérií není příliš vysoký, takže použití metody nebude pro rozhodovatele příliš náročné. Pro každou z linek bude provedeno samostatné určení vah kritérií, neboť každý druh linky může mít jiné preference na zvolená kritéria.

5.3 Metody vícekritériálního hodnocení variant

Jednou z významných oblastí, kterým teorie rozhodování věnovala zvláštní pozornost, je právě oblast vícekritériálního hodnocení variant. To vyplývá především ze skutečnosti, že metody vícekritériálního hodnocení variant mají obecný charakter, který není závislý na obsahové náplni jednotlivých variant rozhodování. [17]

Přístupy k vícekritériálnímu hodnocení variant vedoucí k převodu na bezrozměrné vyjádření lze rozdělit na:

- Vícekritériální funkce užitku za jistoty
- Jednoduché metody stanovení hodnoty variant
 - Metoda váženého pořadí
 - Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení
 - Metoda lineárních dílčích funkcí užitků
 - Metoda bazické varianty
- Metody založené na párovém srovnávání variant
 - Saatyho metoda
 - Metody založené na prazích citlivosti [17]

5.3.1 Vícekritériální funkce užitku za jistoty

Vícekritériální funkce užitku za jistoty představuje exaktní metodu vícekritériálního hodnocení variant, která vychází z určité soustavy axiomů. Ty se vztahují k chování hodnotitele při rozlišování preferencí variant rozhodování za podmínek jistoty. [17]

Tato funkce přiřazuje každé variantě rozhodování užitek (utilitu, hodnotu) vyjádřenou reálným číslem. Čím je číslo větší, tím více si rozhodovatel dané varianty cení. Konstrukce vícekritériální funkce užitku je v obecném případě poměrně obtížná, proto se v praxi pracuje s jednodušším tvarem této funkce, který lze vyjádřit jako

$$u(X) = \sum_{i=1}^n v_i \cdot u_i(x_i), \quad (1)$$

kde X varianta rozhodování,

$u_i(x_i)$ dílčí funkce užitku za jistoty i -tého kritéria,

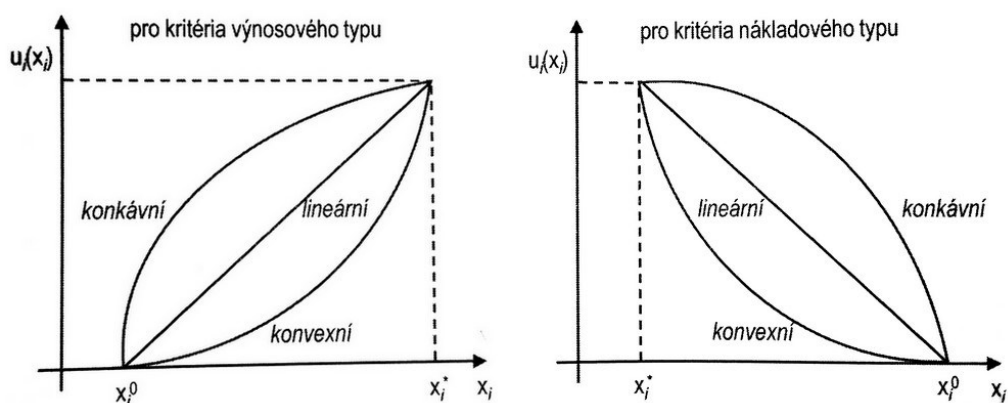
x_i důsledek varianty vzhledem k i -tému kritériu (i -tý dílčí důsledek),

v_i váha i -tého kritéria,

n počet kritérií hodnocení. [17]

Jestliže známe dílčí funkce užitku, můžeme pro každou variantu stanovit její dílčí ohodnocení vzhledem ke každému kritériu a celkové ohodnocení variant. [17]

Dílčí funkce užitku vyjadřují změnu ohodnocení v závislosti na změnách hodnoty daného kritéria. Pro kritéria výnosového typu („čím více, tím lépe“) jsou dílčí funkce užitku vždy rostoucí. Průběh může být konkávní (rozhodovatel si stejné přírůstky hodnot cení stále méně), konvexní (stejně přírůstky hodnot si cení stále více) a lineární (stejně přírůstky hodnot si cení stále stejně). Pro kritéria nákladového typu („čím méně, tím lépe“) jsou dílčí funkce klesající a rovněž mohou mít tři typy průběhů – konkávní (rozhodovatel cení stejné poklesy hodnot stále více), konvexní (stejně poklesy hodnot cení stále méně) a lineární (stejně poklesy hodnot cení stále stejně). [17]



Obrázek 5.1: Dílčí funkce užitku [17]

Definičním oborem dílčích funkcí užitku jsou intervaly hodnot jednotlivých kritérií, krajní body označujeme jako x_i^0 a x_i^* pro $i = 1, 2, \dots, n$. Hodnota x_i^0 představuje nejhorší hodnotu i -tého kritéria, zatímco x_i^* jeho nejlepší hodnotu. Dílčí funkce užitku je vhodné normovat, takže jejich obory hodnot nabývají hodnoty z intervalu s mezemi 0 a 1. Nejhorší hodnota daného kritéria nabývá dílčí funkci užitku hodnotu 0, nejlepší hodnota kritéria nabývá dílčí funkci užitku 1. [17]

Vzhledem k normování dílčích funkcí užitku i normování vah kritérií, je i vícekritériální funkce užitku normována a nabývá hodnot z uzavřeného intervalu s mezemi 0 a 1. Užitek varianty, která nabývá nejhorších hodnot z hlediska všech kritérií je roven 0, v případě nejlepších hodnot je roven 1. [17]

5.3.2 Jednoduché metody stanovení hodnoty variant

Vzhledem k relativně složité konstrukci dílčích funkcí užitku pro každé kritérium hodnocení se v praxi často využívají jednoduché metody stanovení hodnoty variant. Při jejich aplikaci ovšem dochází k určitým zjednodušením, jejichž důsledkem mohou, v některých případech, být zkreslené výsledky. [17]

Tato skupina metod stanovuje celkové ohodnocení variant jako vážený součet dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Jeho tvar je tedy ve tvaru:

$$H^j = \sum_{i=1}^n v_i \cdot h_i^j \text{ pro } j = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

kde H^j celkové ohodnocení j-té varianty,
 v_i váha i-tého kritéria,
 h_i^j dílčí ohodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu,
 n počet kritérií hodnocení,
 m počet variant. [17]

Dílčí hodnocení variant budeme určovat pomocí několika jednoduchých metod. Každá metoda má jiný způsob určení dílčích hodnocení. [17]

U metody váženého pořadí se dílčí hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím stanovují podle pořadí variant vzhledem k těmto kritériím. Dílčí hodnocení j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu stanovíme jako

$$h_i^j = m + 1 - p_i^j, \quad (3)$$

kde m je počet variant a p_i^j je pořadí j-té varianty vzhledem k i-tému kritériu. [17]

Ze vztahu plyne, že dílčí ohodnocení nejlepší varianty je rovno právě počtu variant a dílčí ohodnocení nejhorší varianty je rovno jedné. Např. budeme-li mít 5 variant, bude hodnocení nejlepší z nich rovno 5 ($5 + 1 - 1 = 5$) a nejhorší varianta bude mít ohodnocení 1 ($5 + 1 - 5 = 1$). [17]

Hlavní nevýhodou této metody je nerespektování rozdílů hodnot mezi jednotlivými variantami, určuje se pouze pořadí. Proto je vhodná především pro kritéria kvalitativní povahy. [17]

Druhou metodou je přímé (expertní) stanovení dílčích ohodnocení. Dílčí ohodnocení pro jednotlivé varianty určuje přímo hodnotitel, zpravidla přiřazením bodů z předem stanovené bodové stupnice – desetibodové, nebo jemnější stobodové. Nejhorší varianta je hodnocena nejnižším počtem bodů (1 bod), nejlepší varianta je hodnocena maximálním počtem bodů (10, resp. 100 bodů). [17]

Výhodou této metody je možnost hodnotitele respektovat nelinearitu hodnot jednotlivých variant a jednoduchost a srozumitelnost pochopení metody pro hodnotitele. Nedostatkem metody je však vyšší náročnost na hodnotitele. Také validita celkového ohodnocení je závislá na kvalitě a kompetenci hodnotitele. Míra subjektivity této metody je tedy značná. [17]

U metody lineárních dílčích funkcí užitku se stanovuje dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím v závislosti na povaze těchto kritérií. U kvalitativních kritérií se postupuje obdobně, jako u předchozí metody, tedy přiřazením bodů z bodové stupnice. U kvantitativních kritérií se vychází z předpokladu, že odpovídající dílčí funkce má lineární tvar. Nejhorší hodnotě každého kritéria x_i^0 se přiřadí dílčí užitek 0, nejlepší hodnotě x_i^* dílčí užitek 1, resp. 100 a spojnice těchto bodů je pak zobrazením dílčí funkce užitku. Dílčí ohodnocení variant h_i^j u kritérií kvantitativního charakteru pak stanovíme pomocí vztahu:

$$h_i^j = \frac{x_i^j - x_i^0}{x_i^* - x_i^0}, \quad (4)$$

nebo odečtením příslušných hodnot z grafu. [17]

Oproti předchozí metodě je zde snížena míra subjektivity dílčích ohodnocení variant vzhledem ke kvantitativním kritériím. Přitom předpoklad linearity dílčích funkcí užitku je zpravidla přijatelný. [17]

Poslední metodou řadící se mezi jednoduché je metoda bazické varianty. Metoda je založena na stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím pomocí porovnání hodnot důsledků variant vždy s hodnotami tzv. bazické varianty. Bazická varianta může být chápána dvěma způsoby – varianta, která dosahuje nejlepších hodnot kritérií z daného souboru variant, nebo varianta, která pro jednotlivá kritéria nabývá právě požadovaných hodnot (předem stanovených, cílových). [17]

Dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím výnosového typu stanovíme podle vztahu

$$h_i^j = \frac{x_i^j}{x_i^b} \quad (5)$$

a dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím nákladového typu podle obdobného vztahu

$$h_i^j = \frac{x_i^b}{x_i^j}, \quad (6)$$

kde x_i^b , $i = 1, 2, \dots, n$, je důsledek bazické varianty. [17]

Ze vztahů plyne, že dílčí funkce užitku pro kritéria výnosového typu jsou lineární a lze je zobrazit přímkami, dílčí funkce užitku kritérií nákladového typu mají tvar hyperboly s definičním oborem $\langle x_i^*, x_i^0 \rangle$. [17]

Tato metoda je využitelná především pro kritéria kvantitativního charakteru. Její nevýhodou je předpoklad konstantního růstu přínosu pro hodnotitele při stejných přírůstcích hodnot kritérií u kritérií výnosového typu, ale u kritérií nákladového typu se předpokládá degresivní pokles přínosu při stejných přírůstcích hodnot těchto kritérií. [17]

5.3.3 Metody založené na párovém srovnávání variant

Společným rysem této skupiny metod vícekritériálního hodnocení je, že základem pro stanovení uspořádání variant je párové srovnávání těchto variant vzhledem k jednotlivým kritériím hodnocení. Vzhledem ke své povaze jsou tyto metody vhodné především pro soubory kvalitativních kritérií, nebo pro smíšené soubory kritérií s převažujícími kvalitativními kritérii. [17]

Saatyho metoda je velice podobná předchozím metodám, neboť celkové ohodnocení variant se stanovuje opět jako vážený součet dílčích ohodnocení. Stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím je v Saatyho metodě analogické k dříve popsanému postupu stanovení vah kritérií. Zde ovšem porovnáváme varianty rozhodování. Saatyho matice na základě párového srovnávání variant se vytváří pro každé kritérium. Při něm se určuje velikost preference všech dvojic variant. Pro každou variantu spočteme geometrický průměr jejich preferenčních bodů a získané průměry normujeme. Celkové hodnocení varianty H^j získáme pomocí vzorce uvedeného u jednoduchých metod stanovení hodnoty variant. [17]

Další možností určení ohodnocení variant jsou metody založené na prazích citlivosti. Základem pro tuto skupinu je zjištění preferenčních vztahů všech dvojic variant, ovšem na rozdíl od Saatyho metody si vystačíme pouze s preferencí, resp. indiferencí, není třeba určovat jejich velikost. Představiteli těchto metod jsou především:

- metoda aproximace mlhavé relace,
- AGREPREF (Aggregation Preferences),
- jednotlivé modifikace metody ELECTRA. [17]

Základem pro tyto metody je matice preference variant rozhodování, jejichž jednotlivé prvky tvoří součet vah kritérií. Další postup je algoritmicky dosti náročný a zpravidla se neobejde bez softwarové podpory. [17]

Všechna kritéria, podle kterých budeme hodnotit varianty letounů, jsou kvantitativní, tj. vyjadřujeme je pomocí číselné hodnoty. Jedno z nich, kapacita letadla, je výnosového typu, zatímco zbývající 3 kritéria (MTOM, spotřeba paliva a cena letadla) jsou nákladového typu. Pro určení dílčích hodnot užitku jednotlivých variant byla zvolena jednoduchá metoda bazické varianty. Je vhodná především pro kvantitativní kritéria, což je zde splněno. Její výhodou je v porovnání s metodou lineárních dílčích funkcí užitku nelineárnost u kritérií nákladového typu, a také varianta s nejnižší hodnotou nebude mít nulový užitek, takže nebude vůči ostatním variantám tolik znevýhodněna. U vybraných nákladových kritérií nelze jednoznačně říci, že daná varianta je v určitém kritériu nevyhovující (nulový užitek), ale je pouze méně výhodná, než ostatní, nicméně může být akceptována.

Pro kritérium výnosového typu byla jako báze vybrána nejvyšší hodnota z variant (kapacita 236 cestujících u letounu Airbus A321-200). Pro kritéria nákladového typu se báží staly nejnižší, a tedy nejvýhodnější, hodnoty. Maximální vzletová hmotnost 50 790 kg a cena 52 mil. USD u letounu Bombardier CS300, a spotřeba paliva na sedačku 0,0184 l/km/sedačku u Bombardieru CS100. Podle výše uvedených vztahů (5) a (6) byly spočteny dílčí ohodnocení všech variant vzhledem ke všem kritériím. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce.

	Kapacita	MTOM	Spotřeba paliva	Cena
A319-100	0,71	0,67	0,66	0,58
A320-200	0,82	0,65	0,63	0,53
A321-200	1,07	0,54	0,83	0,45
B737-700	0,68	0,72	0,91	0,65
B737-800	0,86	0,64	0,66	0,54
B737-900ER	1,00	0,60	0,69	0,51
CS100	0,60	1,00	0,83	1,00
CS300	0,73	0,84	1,00	0,89
E195LR	0,56	0,75	0,50	0,78

Tabulka 5.6: Dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím

5.4 Výběr letounu

5.4.1 Praha – Bergamo

Linka z Prahy do italského Bergama je zde jako zástupce krátkých vnitroeurospkých linek. Do výběru pro tuto linku vstupují všechny letouny, žádný není omezen doletem, ani parametry letiště.

Než provedeme vlastní výběr vhodného letounu pro krátké tratě, musíme stanovit váhy jednotlivých kritérií. Pro každou délku linky budou výsledné váhy odlišné, neboť podle délky se mění i požadavky na letoun. Váhy určíme pomocí Saatyho metody, která byla popsána v kapitole 5.2.2. Právě tato metoda nám umožňuje určovat míru významnosti mezi jednotlivými kritérii.

Pro krátké tratě bývá často větší požadavek ze strany zákazníka na počet denních/týdenních spojů, takže není nutná vysoká sedačková kapacita letadla, protože se počet cestujících rozloží do více letů. Důraz na spotřebu paliva je také nižší, neboť letadlo při větším množství krátkých letů stráví méně času ve vzduchu a více času na zemi, než u delších linek. Pro obsluhu celé sítě linek častějšími spoji ale budeme potřebovat větší množství letounů, takže roste význam ceny.

Kritérium	Kapacita	MTOM	Spotřeba	Cena	Geom. průměr	Norm. váha
Kapacita	1	3	1/3	1/7	0,61	0,12
MTOM	1/3	1	1/3	1/3	0,44	0,09
Spotřeba	3	3	1	5	2,59	0,51
Cena	7	3	1/5	1	1,43	0,28
Σ						1,00

Tabulka 5.7: Určení vah kritérií pro linku Praha – Bergamo

Dle Saatyho metody je tedy pro krátké linky nejdůležitějším kritériem spotřeba, poté pořizovací cena letadla, jeho sedačková kapacita a nejmenší důraz se klade na maximální vzletovou hmotnost.

Nyní už zbývá spočítat pouze celkové hodnocení jednotlivých variant. Pro každou variantu podle vzorce (2) vynásobíme mezi sebou normovanou váhu kritéria a dílčí ohodnocení varianty, součiny pro každou variantu sečteme a získáme tak výsledné hodnocení varianty pro krátkou linku, jejichž příkladem je linka Praha – Bergamo.

	Kapacita	MTOM	Spotřeba paliva	Cena	Hodnocení	Pořadí
Váha kritéria	0,12	0,09	0,51	0,28	-	-
A319-100	0,71	0,67	0,66	0,58	0,64	6. - 7.
A320-200	0,82	0,65	0,63	0,53	0,62	8.
A321-200	1,07	0,54	0,83	0,45	0,72	4.
B737-700	0,68	0,72	0,91	0,65	0,78	3.
B737-800	0,86	0,64	0,66	0,54	0,64	6. - 7.
B737-900ER	1,00	0,60	0,69	0,51	0,66	5.
CS100	0,60	1,00	0,83	1,00	0,86	2.
CS300	0,73	0,84	1,00	0,89	0,92	1.
E195LR	0,56	0,75	0,50	0,78	0,61	9.

Tabulka 5.8: Výsledné hodnocení variant pro linku Praha - Bergamo

Ve sloupci Pořadí v níže uvedené tabulce pak můžeme vidět pořadí, které z výběru vzešlo. Nejvyšší hodnocení dostaly letouny výrobce Bombardier, naopak nejhůře se umístil letoun Embraer.

5.4.2 Ostrava – Londýn Stansted

Zástupcem středně dlouhých linek je let z Ostravy na letiště Stansted u Londýna. Výběru se opět účastní všechny zmíněné letouny.

Pomocí Saatyho metody určíme normované váhy všech kritérií. Oproti krátké lince se změnilы preference některých kritérií, což se odrazí i v jejich velikosti. Narůstá význam vyšší kapacity, protože do vzdálenějších destinací není potřeba létat tak často, ale potřebujeme navýšit kapacitu letadel. Také roste požadavek na snížení spotřeby paliva, protože letadlo stráví více času ve vzduchu. Oproti tomu lehce klesá potřeba nízké ceny vůči variabilním nákladům, které jsou pro nízkonákladovou společnost důležitější.

Kritérium	Kapacita	MTOM	Spotřeba	Cena	Geom. průměr	Norm. váha
Kapacita	1	5	1/5	2	1,19	0,20
MTOM	1/5	1	1/7	2	0,49	0,08
Spotřeba	5	7	1	7	3,96	0,65
Cena	1/2	1/2	1/7	1	0,43	0,07
Σ						1,00

Tabulka 5.9: Určení vah kritérií pro linku Ostrava - Londýn Stansted

Saatyho metoda nám v tomto případě jasně stanovuje jako nejdůležitější kritérium spotřebu paliva. Na druhém místě je s necelou třetinovou vahou sedačková kapacita letadla. Nejméně důležitými a srovnatelnými kritérii pro tuto linku jsou MTOM a pořizovací cena letadla.

Celková hodnocení variant získáme stejným postupem, jako v případě předchozí krátké linky. Vstupní hodnoty i výsledky jsou přehledně uvedeny v následující tabulce.

	Kapacita	MTOM	Spotřeba paliva	Cena	Hodnocení	Pořadí
Váha kritéria	0,20	0,08	0,65	0,07	-	-
A319-100	0,71	0,67	0,66	0,58	0,66	7.
A320-200	0,82	0,65	0,63	0,53	0,65	8.
A321-200	1,07	0,54	0,83	0,45	0,81	3.
B737-700	0,68	0,72	0,91	0,65	0,82	2.
B737-800	0,86	0,64	0,66	0,54	0,68	6.
B737-900ER	1,00	0,60	0,69	0,51	0,72	5.
CS100	0,60	1,00	0,83	1,00	0,80	4.
CS300	0,73	0,84	1,00	0,89	0,91	1.
E195LR	0,56	0,75	0,50	0,78	0,55	9.

Tabulka 5.10: Výsledné hodnocení variant pro linku Ostrava - Londýn Stansted

Pro středně dlouhou linku se jako nejvhodnější kandidát jeví Bombardier CS300. Jako další vhodné letouny jsou s rozestupy mezi sebou ve výši pouhé jedné setiny bodu hodnocení letouny Boeing 737-700, Airbus A321-200 a Bombardier CS100. Zajímavostí může být, že tyto 3 letouny mají velmi rozdílnou sedačkovou kapacitu.

5.4.3 Varšava Modlin – Tenerife

Jako nejdelší linku budeme uvažovat let z letiště Modlin poblíž polské Varšavy na španělský ostrov Tenerife, který je součástí souostroví Kanárské ostrovy. Vzhledem k velké vzdálenosti mezi letišti nebude možné využít letoun Embraer 195LR, jehož dolet na tak dlouhé cesty nedostačuje.

Z důvodu krátké vzletové a přistávací dráhy na letišti Varšava Modlin nevyhovují ani letouny Airbus A321-200 a Boeing 737-900ER. U těchto dvou typů je ale možné snížit hmotnost letadla, resp. jeho nákladu, a bude možné je na dráze této délky využívat. Proto tyto letouny z výběru nevyřadíme a budeme s nimi dále počítat. Dolet těchto letounů je totiž dostatečný a na jiných letištích s delší vzletovou a přistávací dráhou nevznikne problém ani při maximálním zatížení.

U takto dlouhých letů hraje sedačková kapacita letadla docela významnou roli, stejně jako spotřeba paliva, protože letadlo vykonává několikahodinové lety. Naproti tomu je cena letadla méně významná, menší důraz se klade i na MTOM.

Kritérium	Kapacita	MTOM	Spotřeba	Cena	Geom. průměr	Norm. váha
Kapacita	1	8	1/5	4	1,59	0,25
MTOM	1/8	1	1/7	3	0,48	0,08
Spotřeba	5	7	1	7	3,96	0,62
Cena	1/4	1/3	1/7	1	0,33	0,05
Σ						1,00

Tabulka 5.11: Určení vah kritérií pro linku Varšava Modlin – Tenerife

V následující tabulce jsou uvedeny vstupní hodnoty a výsledky hodnocení pro nejdelší hodnocenou trasu.

	Kapacita	MTOM	Spotřeba paliva	Cena	Hodnocení	Pořadí
Váha kritéria	0,25	0,08	0,62	0,05	-	-
A319-100	0,71	0,67	0,66	0,58	0,66	7. - 8.
A320-200	0,82	0,65	0,63	0,53	0,66	7. - 8.
A321-200	1,07	0,54	0,83	0,45	0,83	2.
B737-700	0,68	0,72	0,91	0,65	0,81	3.
B737-800	0,86	0,64	0,66	0,54	0,69	6.
B737-900ER	1,00	0,60	0,69	0,51	0,73	5.
CS100	0,60	1,00	0,83	1,00	0,79	4.
CS300	0,73	0,84	1,00	0,89	0,90	1.
E195LR	-	-	-	-	-	-

Tabulka 5.12: Výsledné hodnocení variant pro linku Varšava – Tenerife

Na trase mezi Varšavským letištěm Modlin a ostrovem Tenerife se nejlépe umístil letoun Bombardier CS300. Druhou pozici zaujal letoun s největší sedačkovou kapacitou, Airbus A321-200, v těsném závěsu za ním je Boeing 737-700. Letoun Embraer 195LR byl z tohoto výběru vyřazen

6 Vyhodnocení výběru

Nyní zhodnotíme výběr letounu pro nízkonákladovou společnost jako celek. Budeme brát v úvahu výsledky pro jednotlivé linky a vybereme celkového vítěze jako jednotlivce, a také vyhodnotíme nejvhodnějšího výrobce, pokud by dopravci vyhovovalo kombinovat více typů letadel s více možnostmi sedačkové kapacity.

Z vypočtených celkových hodnocení pro dané linky byly vypočteny průměrné hodnoty, které nám ve výsledku dají informaci o celkovém vítězi. Nicméně nízkonákladová společnost se může rozhodnout i podle výsledků pro jednotlivé délky tratí v závislosti na charakteru její plánované sítě linek. Přehled výsledků včetně celkového hodnocení všech zúčastněných typů letadel je uveden v následující tabulce.

	Krátká linka		Střední linka		Dlouhá linka		CELKEM	
	Pořadí	Hodn.	Pořadí	Hodn.	Pořadí	Hodn.	Hodn.	Pořadí
A319-100	6. - 7.	0,64	7.	0,66	7. - 8.	0,66	0,65	7.
A320-200	8.	0,62	8.	0,65	7. - 8.	0,66	0,64	8.
A321-200	4.	0,72	3.	0,81	2.	0,83	0,79	4.
B737-700	3.	0,78	2.	0,82	3.	0,81	0,80	3.
B737-800	6. - 7.	0,64	6.	0,68	6.	0,69	0,67	6.
B737-900ER	5.	0,66	5.	0,72	5.	0,73	0,70	5.
CS100	2.	0,86	4.	0,80	4.	0,79	0,82	2.
CS300	1.	0,92	1.	0,91	1.	0,90	0,91	1.
E195LR	9.	0,61	9.	0,55	-	0,00	0,38	9.

Tabulka 6.1: Přehled celkového hodnocení podle typu letadla

Nejvyššího hodnocení ve všech kategoriích výběru dosáhl letoun CS300 výrobce Bombardier. Patří sice k menším zástupcům z variant výběru, ale výrobce deklaruje nízkou spotřebu a cenu, jeho MTOM je také nejnižší. Nevýhodou tohoto typu ovšem může být prozatímní nezavedenost v provozu. V době psaní práce (květen 2016) není v pravidelném provozu ani jeden kus letounu CS300 ani jeho menší verze CS100, která se umístila na celkovém druhém místě. Ze začátku provozu těchto letadel budou pravděpodobně problémy s dostupností náhradních součástek a školeného personálu v případech technických problémů a jiných mimořádností, které mohou při provozu nastat. Aktuálně nemohou být stanoveny ani veškeré provozní náklady, protože neexistují údaje z praxe.

Na třetím celkovém místě se umístil letoun Boeing 737 verze -700. Je to nejmenší zástupce tohoto výrobce, který byl vybrán do rozhodovacího procesu. Oproti letounům Bombardier je tento typ velmi dobře zaveden, má vysokou spolehlivost a není problém získat kvalifikovaný personál.

Stejnou výhodu má i Airbus A321-200, který se umístil na celkovém čtvrtém místě. Je to největší zástupce, co se sedačkové kapacity týká, a je vhodný pro společnosti, pro které je velká sedačková kapacita klíčová.

Tyto čtyři zmíněné letouny se ve všech kategoriích výběru, včetně celkové kategorie umístily na prvních čtyřech příčkách, i když v různém pořadí, takže je lze považovat za vítěze. Na dalších čtyřech příčkách se umístili zbývající zástupci výrobce Boeing, Boeingy 737 verze -800 a -900ER, a výrobce Airbus, typy A319 a A320. Nejhuře dopadl Embraer E195LR. Ve výběru pro krátkou a střední linku se umístil na posledním místě, výběru pro dlouhou linku se ani nezúčastnil z důvodu nedostatečného doletu.

Někteří dopravci mohou preferovat letadlový park složený z více zástupců letadel. Nízkonákladové společnosti sice preferují unifikovanou flotilu, nicméně využívání více verzí jednoho typu letounu výrazně nezvyšuje náklady na provoz a údržbu. Posádky a další zaměstnanci nemusí být složitě přeškoleni, náhradní díly jsou většinou kompatibilní. Výhodou takové flotily může být nasazování letounů s různou kapacitou na linky dle potřeby. Na linky s vyšší poptávkou lze nasadit větší letoun, zatímco na méně vytížené lety postačuje nižší. Tento přístup umožňuje snížit náklady v situacích, kdy bychom museli nasadit velkokapacitní letoun s poloviční obsazeností, nebo zvýšit tržby, když do populární destinace nasadíme větší stroj, který by nám umožnil prodat více letenek. Výběrem z více verzí lze měnit kapacitu letadla operativně podle aktuálně prodaného počtu míst. Tento model s více verzemi letadel využívají i někteří nízkonákladoví dopravci v praxi, například zmíněný easyJet provozuje menší Airbusy A319 i větší A320, Wizz Air provozuje Airbusy A320 a nově zavádí do flotily větší Airbusy A321, nebo nizozemská společnost Transavia Airlines provozuje letouny typu Boeing 737 verzí -700 a -800.

Pro každého výrobce letadel jsme tedy spočetli průměrné ohodnocení celkového hodnocení všech jeho zástupců ve výběru. Ty jsou přehledně uvedeny v tabulce 6.2 včetně konečného umístění.

		Celkové hodnocení	Prům. hodnocení na letoun	Pořadí výrobce
Airbus	A319-100	0,65	0,69	3.
	A320-200	0,64		
	A321-200	0,79		
Boeing	B737-700	0,80	0,73	2.
	B737-800	0,67		
	B737-900ER	0,70		
Bombardier	CS100	0,82	0,86	1.
	CS300	0,91		
Embraer	E195LR	0,38	0,38	4.

Tabulka 6.2: Přehled průměrného hodnocení podle výrobce

Na prvním místě se umístil výrobce Bombardier, jehož zástupci ovládli i sólové hodnocení. Ovšem z důvodu nezavedení těchto letounů do praxe mají jistou výhodu další umístění výrobci. Na druhém místě se umístil Boeing se svými třemi zástupci a s nemalým rozdílem za ním je umístěn Airbus, taktéž se třemi zástupci. Na poslední příčce se umístil výrobce Embraer, který měl ve výběru pouze jednoho zástupce, protože jako jediný z produktů této společnosti mohl kapacitně konkurovat ostatním konkurentům.

7 Závěr

Cílem diplomové práce byl výběr vhodného letounu pro nízkonákladového dopravce, aby co nejlépe uspokojil jeho požadavky vzhledem k předpokládané síti linek. Nedílnou součástí byla i analýza metod k učinění rozhodnutí a výběr té nejvhodnější z nich.

V úvodu práce jsem se zabýval popisem nízkonákladového dopravce a analýzou jeho požadavků na letadlovou flotilu. Také jsem popsal aktuální stav u vybraných dopravců v Evropě. Dále jsem popsal příkladové linky, které by dopravce mohl využívat, a na kterých jsem později prováděl výběr letounu. Vhodné kandidáty pro rozhodování jsem vybíral a popisoval v další části práce.

Hlavním tématem této diplomové práce byly metody vícekriteriálního rozhodování, stanovení vah kritérií a užiteků jednotlivých variant. Tyto metody jsem popsal a zvolil nejvhodnější z nich pro použití k výběru letounu, jímž se tato práce zabývá. Pomocí zvolených metod jsem vybíral nejvhodnější letoun pro jednotlivé linky. Výsledky výběru jsem poté zhodnotil a uvedl další možné varianty, kterých by se nízkonákladový dopravce mohl při výběru letounu držet. Příkladem je možnost kombinace více verzí jednoho typu letadla v letadlové flotile, která umožňuje operativně vybírat letadlo s vhodnou sedačkovou kapacitou, za účelem zvýšení efektivity provozu. Pro případ této možnosti jsem závěrem na základě získaných výsledků určil nejvhodnějšího výrobce letadel pro uvažované typy letadel.

Seznam použité literatury

- [1] SMYTH, Mark a Brian PEARCE. *Airline Cost Performance* [online]. IATA, 2006 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z:
https://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/airline_cost_performance.pdf
- [2] Airline Statistics 2014. *Airline Business Magazine*. Flightglobal, 2015 [cit. 2016-02-03].
- [3] History of Ryanair. *Ryanair* [online]. Ryanair, 2015 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z:
<http://corporate.ryanair.com/about-us/history-of-ryanair/>
- [4] Fleet. *Ryanair* [online]. Ryanair, 2015 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z:
<http://corporate.ryanair.com/about-us/our-fleet/>
- [5] History. *easyJet Careers* [online]. easyJet, 2016 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z:
<https://careers.easyjet.com/why-easyjet/history/>
- [6] *Great Circle Mapper* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z:
<http://www.gcmap.com/>
- [7] European AIS Database - EAD. *EUROCONTROL* [online]. 2013 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <https://www.ead.eurocontrol.int>
- [8] *Letiště Ostrava, a.s.* [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.airport-ostrava.cz/cz/>
- [9] *Official website for London Stansted Airport* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z:
<http://www.stanstedairport.com/>
- [10] *Warsaw Modlin Airport* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z:
<http://modlinairport.pl/>
- [11] *Tenerife Sur Airport - Aena* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z:
<http://www.aena.es/csee/Satellite/Aeropuerto-Tenerife-Sur/en/Home.html>
- [12] *Airbus.com* [online]. [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.airbus.com/>

- [13] *Aircraft Compare* [online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z:
<http://www.aircraftcompare.com/>
- [14] *Boeing: The Boeing Company* [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z:
<http://www.boeing.com/>
- [15] *Aerospace | Bombardier Commercial aircraft* [online]. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.bombardier.com/en/aerospace.html>
- [16] *EMBRAER - For the Journey* [online]. [cit. 2016-03-17]. Dostupné z:
<http://www.embraer.com.br/en-us/Pages/home.aspx>
- [17] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Podíl počtu cestujících přepravených nízkonákladovými společnostmi v jednotlivých regionech [2]	10
Obrázek 2.2: Loga některých nízkonákladových dopravců působících v Evropě.....	12
Obrázek 2.3: Boeing 737-800 společnosti Ryanair [4].....	13
Obrázek 2.4: Airbus A320 společnosti easyJet [5]	14
Obrázek 3.1: Mapové schéma trasy Praha – Bergamo [6]	15
Obrázek 3.2: Mapové schéma trasy Ostrava - Londýn Stansted [6]	16
Obrázek 3.3: Mapové schéma trasy Varšava Modlin - Tenerife [6]	18
Obrázek 4.1: Loga výrobců letadel.....	20
Obrázek 4.2: Letouny Airbus - A319 (vlevo dole), A320 (nahore), A321 (vpravo dole) [12]	21
Obrázek 4.3: Letouny Boeing 737-800 (vlevo) a -900ER (vpravo) [14]	23
Obrázek 4.4: Letouny Bombardier CS100 a CS300 [15]	25
Obrázek 4.5: Letoun Embraer E195LR [16]	26
Obrázek 5.1: Dílčí funkce užitku [17]	39

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Vlastnosti vzletových a přistávacích drah LKPR [7]	16
Tabulka 3.2: Vlastnosti vzletových a přistávacích drah LIME [7]	16
Tabulka 3.3: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy LKMT [7]	17
Tabulka 3.4: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy EGSS [7]	17
Tabulka 3.5: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy EPMO [7]	19
Tabulka 3.6: Vlastnosti vzletové a přistávací dráhy GCTS [7]	19
Tabulka 4.1: Údaje o letounech typu Airbus [12]	22
Tabulka 4.2: Údaje o letounech typu Boeing [14]	24
Tabulka 4.3: Údaje o letounech typu Bombardier [15]	25
Tabulka 4.4: Údaje o letounu Embraer E195LR [16]	27
Tabulka 5.1: Tabulka přepočtu spotřeby paliva na sedačku	31
Tabulka 5.2: Shrnutí kritérií pro výběr letounu	32
Tabulka 5.3: Příklad metody párového srovnávání	35
Tabulka 5.4: Bodová stupnice doporučená dle Saatyho [17]	36
Tabulka 5.5: Příklad Saatyho metody stanovení vah kritérií	37
Tabulka 5.6: Dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím	44
Tabulka 5.7: Určení vah kritérií pro linku Praha – Bergamo	45
Tabulka 5.8: Výsledné hodnocení variant pro linku Praha - Bergamo	45
Tabulka 5.9: Určení vah kritérií pro linku Ostrava - Londýn Stansted	46
Tabulka 5.10: Výsledné hodnocení variant pro linku Ostrava - Londýn Stansted	47

Tabulka 5.11: Určení vah kritérií pro linku Varšava Modlin – Tenerife.....	48
Tabulka 5.12: Výsledné hodnocení variant pro linku Varšava – Tenerife	48
Tabulka 6.1: Přehled celkového hodnocení podle typu letadla	49
Tabulka 6.2: Přehled průměrného hodnocení podle výrobce	51